

Caracterização do mercado de betacaroteno a partir da microalga *Dunaliella* sp.

Natália Moreno Viana¹, Ana Cristina dos Santos², Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos³, Cesar Heraclides Behling Miranda⁴

Resumo

Os carotenoides representam o maior grupo de pigmentos naturais encontrados na natureza, sendo um metabólito de ação antioxidante que os torna competitivos no desenvolvimento de diversos produtos de alto valor agregado, como medicamentos, cosmecêuticos e nutracêuticos. Betacaroteno é o carotenoide de maior uso do mercado, com estimativa de 26% em 2021. Pode ser obtido de diversas fontes naturais, como cenoura, urucum, abóbora e microalgas, ou sintetizado em laboratório. Dentre as microalgas, as do gênero *Dunaliella* sp. são as mais usadas no mercado. Este é um estudo exploratório e qualiquantitativo a partir de dados secundários que caracterizem o mercado de betacaroteno e contextualize as microalgas do gênero *Dunaliella* sp. neste cenário. Apesar do potencial de cultivo de microalgas, capazes de usar resíduos agroindustriais e gases de efeito estufa como fontes de carbono, enxofre e nitrogênio, além de atender à demanda crescente por produtos de origem natural, o betacaroteno de *Dunaliella* tem alto custo se comparado com o sintético, e também tem preço de mercado superior ao extraído de milho, abóbora, pimenta e cenoura. A busca de patentes apontou que o desenvolvimento de sistema de cultivo é um dos temas mais frequentes nos documentos recuperados. Com isso, suscita-se que o desenvolvimento de um sistema de cultivo em larga escala de *Dunaliella* sp. permitirá a obtenção de biomassa a custos menores e competitivos, favorecendo a balança comercial.

Palavras-chave: betacaroteno, *Dunaliella* sp., estudo de mercado.

Introdução

Os carotenoides são isoprenoides lipofílicos que absorvem radiação ultravioleta, azul e verde e que representam o maior grupo de pigmentos naturais encontrados na natureza, de cor amarelo, laranja ou vermelho e presentes em todos os organismos fotossintéticos e em algumas espécies de bactérias e fungos. Os carotenoides têm ação antioxidante e de proteção celular, principalmente sob condições ambientais desfavoráveis, e são responsáveis pela coloração de penas, escamas e pele de animais que consomem as microalgas. Já foram isolados mais de 750 carotenoides diferentes, das quais se destaca o betacaroteno (Uenojo; Maróstica Junior; Pastore, 2007; Varela et al., 2015).

¹ Graduanda em Gestão do Agronegócio, Universidade de Brasília, nataliamviana@gmail.com

² Administradora e jornalista, especialista em Gestão da Comunicação, analista da Embrapa Agroenergia, anacristina.santos@embrapa.br

³ Farmacêutico e administrador, mestre em Administração, analista da Embrapa Agroenergia, sergio.saraiva@embrapa.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia e Bioquímica do Solo, pesquisador da Embrapa Agroenergia, cesar.miranda@embrapa.br

As projeções de crescimento do mercado de carotenoides são otimistas. Isso porque há uma demanda, também crescente, por produtos naturais (Albuquerque, 2015). Em 2014, os carotenoides sintéticos responderam por 76% da produção mundial, ficando 24% para os corantes naturais. Dados de *market share* indicaram um crescimento de 3,5% para este mercado em 2020, com movimentação de US\$ 1,4 bilhões (Deinove, [s.d.]). No ano de 2019, o mercado global alcançou US\$ 1,2 bilhões, com previsão de alcançar US\$ 1,9 bilhões em 2026, com taxa de crescimento anual composta (CAGR, sigla em inglês *Compound Annual Growth Rate*) de 4,7% durante esse período (Marketwatch, 2020).

Com maior representatividade entre os carotenoides, o betacaroteno natural tem produção estimada em 10-100 ton/ano (Mendoza et al., 2008). Este corante teve uma produção global, em questão de volume produzido, de 343,72 toneladas durante o período de 2014, e por aplicação, 40% foi destinado aos segmentos de comida e bebida em termos de receita (Credence Research, 2019).

As microalgas são microrganismos eucarióticos fotossintéticos de diversidade bioquímica e com capacidade de crescimento em diversos meios, utilizando gases de efeito estufa como CO₂, SO_x e NO_x como fontes de carbono, enxofre e nitrogênio e possibilidade de cultivo em resíduos agroindustriais.

Entre o grupo de microalgas consideradas como fonte de carotenoides, destaca-se o gênero *Dunaliella* sp., que pode produzir de 10 a 100 vezes mais betacaroteno do que a cenoura (Souto; Angelo; Gatti, 2014). O rendimento de betacaroteno a partir de sua biomassa seca é de 13% (Rammuni et al., 2019). A acumulação de betacaroteno depende da quantidade de luz em que a microalga foi exposta (Raja; Hemaiswarya; Rengasamy, 2006). Há outras fontes naturais de carotenoides, como acerola, urucum, milho, abóbora e pimenta (Javeria et al., 2013; Mesquita; Teixeira; Servulo, 2017).

A *Dunaliella salina* é uma das poucas espécies de microalgas aptas para cultivo em sistemas abertos por minimizar o crescimento de seres vivos oportunistas que se tornariam contaminantes, propriedade conferida pela resistência à hipersalinidade (Mendoza et al., 2008) e exercida pela ação antioxidante dos carotenoides (Uenojo; Maróstica Junior; Pastore, 2007).

Contudo, é importante destacar que mesmo sendo considerada uma rica fonte de corante natural, é preciso avaliar outras características que podem impactar a produção de betacaroteno a partir da *Dunaliella* sp. O meio de cultivo da microalga é considerado de alto custo, o que o torna um fator limitante.

O objetivo deste trabalho é apresentar a caracterização do mercado de betacaroteno e contextualizar as microalgas do gênero *Dunaliella* sp. neste cenário.

Material e Métodos

Este estudo tem caráter exploratório e quali-quantitativo a partir de dados secundários. Segundo Cooper e Schindler (2011), um estudo exploratório consiste na coleta de informações de fontes diversas para formular ou refinar atividades gerenciais ou técnicas a partir do melhor entendimento do cenário em análise.

Os dados de mercado foram prospectados na literatura científica, tecnológica e de mercado nacional e internacional, incluindo bases de dados de comércio exterior como o COMEXSTAT (Estatísticas de Comércio Exterior), gerido pelo Ministério da Economia (Brasil, 2020), e *The Observatory of Economic Complexity*, gerido pela universidade

norte-americana *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (MIT, 2020). Em ambos, usou-se o a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) referente a carotenoides. Na base COMEXSTAT, usou-se o número completo, 3204.19.11.

Os dados de mercado foram complementados com uma busca patentométrica, realizada em setembro de 2020, na base de dados *Derwent Innovation Index (DII)*. A estratégia definida foi o uso da expressão “*Dunaliella* AND betacaroteno”, no escopo temporal de 2010 a 2019. A partir desses documentos, foram destacados os países depositantes, as instituições depositantes e as Classificações Internacionais de Patentes.

Resultados e Discussão

Betacaroteno é o carotenoide mais utilizado pelo mercado. Em 2015, sua receita global alcançou US\$432,2 milhões, sendo 35% a participação de algas como fonte (Hu, 2019). Em 2018, a receita de betacarotenos sintéticos no mercado global foi de US\$223,9 milhões, com o CAGR de betacarotenos estimado em 3,5% por ano até 2027 (Transparency Market Research, 2018). Já em 2019, a receita de betacarotenos no geral estava prevista para alcançar US\$532 milhões (Hu, 2019). A perspectiva para 2021 da participação de carotenoides, separados por cada tipo, no mercado global está na Figura 1. Estimativa de participação de carotenoides no mercado mundial em 2021, segundo Rammuni et al. (2018), na qual metade será representado pelo betacaroteno e pela astaxantina (Rammuni et al., 2018).

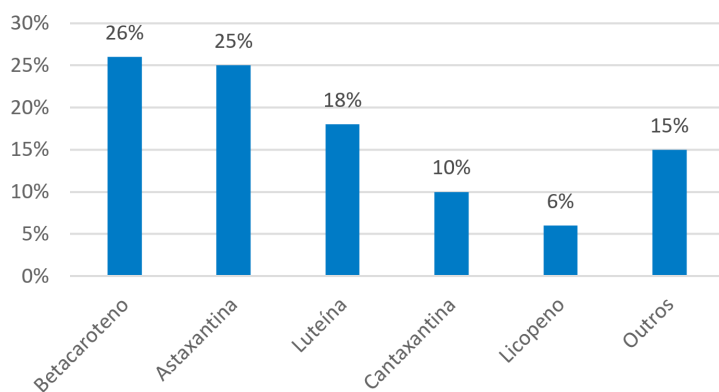


Figura 1. Estimativa de participação de carotenoides no mercado mundial em 2021, segundo Rammuni et al., (2018).

A produção de carotenoides naturais é de alto custo e não é tão ampla, o que tornou carotenoides sintéticos uma alternativa à demanda por terem menor custo de produção, refletido no seu valor de mercado (Figura 2).

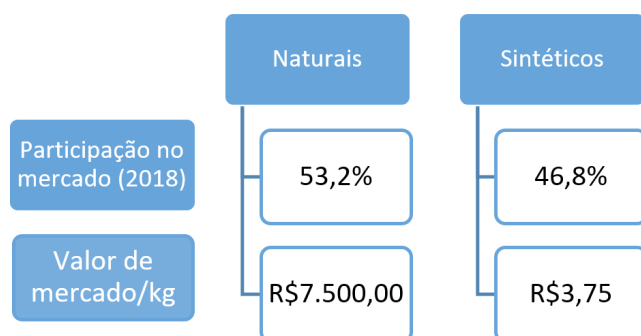


Figura 2. Comparação de valores e participação de mercado de carotenoides naturais e sintéticos.

Fonte: Adaptado de Novoveská et al. (2019) e Mordor Intelligence (2019).

Outro aspecto importante relacionado com a produção de betacaroteno de *Dunaliella* sp. é seu custo de obtenção, que pode chegar a US\$ 3.000,00 por quilograma (Mesquita, 2013). Tal valor supera o custo final de betacaroteno de outras fontes vegetais listadas na Tabela 1. Essa discrepância pode ser atribuída aos custos de cultivo da microalga.

Tabela 1. Custos finais de betacaroteno de outras fontes vegetais

Fonte	Custo final (em US\$/kg) ⁽¹⁾
Milho (cultivar Sahiwal 2002)	14,95
Pimenta (cultivar Bell Boy)	15,55
Cenoura (cultivar Autumn King)	19,74
Abóbora (cultivar Daisy petha)	37,09

⁽¹⁾ Valores convertidos de rúpia paquistanesa para dólar dos EUA segundo cotação do dia 11/09/2020 do Banco Central do Brasil.

Fonte: adaptado de Javeria et al. (2013).

Os principais *players* do mercado em análise são Betatene, empresa australiana adquirida pela BASF (produção de 40 a 50 toneladas por ano); Nature Beta Technologies (NBT), empresa israelense sob gestão da empresa japonesa Nikken Sohonsa Corporation (2 a 3 toneladas por ano); e E.I.D. Parry, empresa indiana (1 a 3 toneladas por ano) (Hu, 2019). Há outras empresas produtoras de betacaroteno de *Dunaliella* sp. nos EUA, China, Mongólia, México, Chile, Cuba, Irã e Taiwan (Albuquerque, 2015).

O mercado brasileiro é dependente de betacaroteno importado. O Brasil importou em 2019 quase US\$ 3,5 milhões de carotenoides, enquanto o Brasil exportou apenas US\$ 409,00 (Comexstat, 2020). Tal tendência se repete nos anos anteriores e até o primeiro trimestre de 2020. Entre os países exportadores de carotenoides em 2018, 15 deles concentraram 91,32% do montante de exportação, com liderança da Alemanha (14,8%), China (14,40%) e França (11,50%). O Brasil representa apenas 0,39% (MIT, 2020).

Para corroborar os dados de mercado, a busca de documentos patentários descrita na seção “Material e Métodos” foi feita de acordo com a estratégia descrita na mesma seção, pela qual foram recuperados 90 documentos. Deste total, há grande concentração de documentos chineses, particularmente das instituições CABIO Biotech (Wuhan) Co., Ltd. e South China University of Technology. Tal resultado é refletido nos países depositantes dos documentos recuperados, na qual há predominância da China (Figura 3).

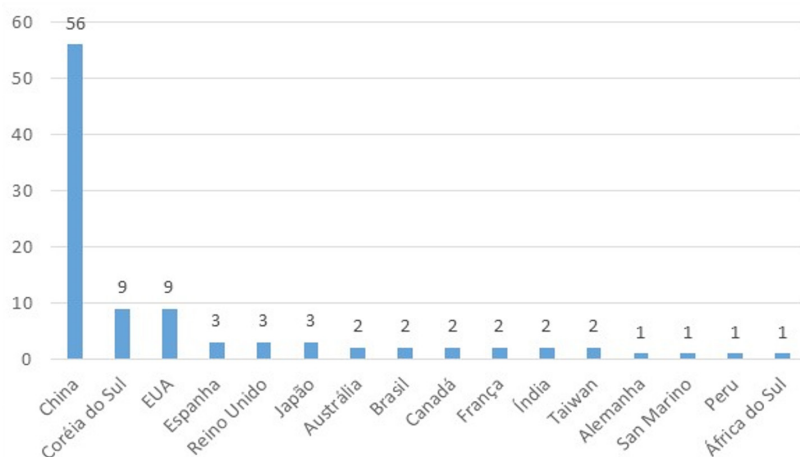


Figura 3. Países depositantes dos documentos de patente recuperados.

Percebe-se que nem todos os países que produzem *Dunaliella* sp. para a extração de betacaroteno coincidem com os países que mais depositaram patentes. Porém, dois dos três maiores produtores constam nesses dados, sendo eles Austrália e Índia. Israel, apesar de estar incluso entre os grandes produtores, não apareceu diretamente, mas a sua empresa produtora do pigmento é gerida por uma empresa japonesa, país que consta entre os que mais depositaram patentes.

Entre as Classificações Internacionais de Patentes (CIP), as mais recorrentes foram C12N-001/12, que se refere a algas unicelulares e seus meios de cultivo, e C12R-001/89, que é uma indexação complementar de algas unicelulares. Com esse dado, depreende-se que o maior foco tecnológico é o desenvolvimento de métodos eficientes de cultivo.

Grande parte dos países que cultivam comercialmente *Dunaliella* sp. adota o sistema de cultivo aberto, que consiste em lagoas e tanques, artificiais ou naturais que permitem a produção em larga escala com um custo menor do que sistemas fechados, que consistem em fotobiorreatores fechados com alto custo de instalação e manutenção. Porém, sistemas abertos contam com algumas desvantagens, como alta possibilidade de contaminações; dificuldade de captação eficiente de luz e CO₂, que varia para cada espécie; controle das condições de cultivo; alto custo de colheita; e dificuldade de *scale-up* (Da Fré, 2016).

Assim, pode-se concluir que apesar da produção de betacaroteno a partir de vegetais e por síntese orgânica ser muito mais barata que de *Dunaliella* sp., o aumento de escala da produção irá diminuir os custos de produção e, consequentemente, no preço final do produto. Dessa forma, betacaroteno de *Dunaliella* sp. terá um aumento na sua participação no mercado deste produto. O fato de a CIP C12N-001/12 ser a mais recorrente nos documentos patentários recuperados reforça esta questão. Com isso, o custo de cultivo de *Dunaliella* sp. em tanques abertos poderá ser menor do que o valor médio praticado, de US\$ 36.509,46 (Zardo, 2011).

Considerações Finais

Apesar do aumento de demandas por betacaroteno natural, seu custo de produção ainda é maior se comparado ao sintético. No mesmo sentido, o custo de obtenção de betacaroteno a partir de *Dunaliella* sp. é bem maior se comparado com outras fontes vegetais. Mesmo assim, são positivas as projeções de crescimento do mercado de carotenoides de origem natural, de 3,5% em 2020.

A análise de documentos patentários reforçou os dados de mercado ao mostrar um potencial de crescimento do mercado de betacaroteno, em termos de produção e estudos, principalmente na Ásia e um possível desenvolvimento do mercado na América do Sul.

Uma forma de tornar o betacaroteno de *Dunaliella* sp. mais competitivo em relação a outras fontes é o desenvolvimento de sistema de cultivo em larga escala, com a obtenção de biomassa algal a custos menores. Além disso, a produção nacional de betacaroteno de *Dunaliella* sp. poderá contribuir para diminuir a importação deste produto e, consequentemente, favorecer a balança comercial.

Referências

- ALBUQUERQUE, C. D. de. **Estudo da cinética de produção de carotenoides de *Sporobolomyces ruberrimus* e de técnicas de extração de pigmentos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/136351/335957.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 12 set. 2020.
- COOPER., D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em Administração**. 10ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- CREDENCE RESEARCH. **Global Beta Carotene Market By Revenue Is Projected To Reach US\$ 572.78 Million By 2022**. 2019. Disponível em <https://www.credenceresearch.com/press/global-beta-carotene-market>. Acesso em 8 set. 2020.
- DEINOVE. **Carotenoids market**. n.d. Disponível em <https://www.deinove.com/en/profile/strategy-and-markets/carotenoids-market>. Acesso em 23 jun. 2020.
- BRASIL, Ministério da Economia. **COMEXSTAT (Estatísticas de Comércio Exterior)**, 2020. Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em 30 jun. 2020.
- DA FRÉ, N. C. **Influência das condições de cultivo da microalga *Dunaliella tertiolecta* na produção de carotenoides e lipídios**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/141119>. Acesso em 30 jun. 2020.
- HU, I-C. Production of potential coproducts from microalgae. In: PANDEY, A.; CHANG, J-S.; SOCCOL, C. R.; LEE, D-J.; CHISTI, Y. **Biofuels from Algae**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier, 2019. Cap. 14. p. 345-358. Disponível em <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64192-2.00014-7>. Acesso em 30 jun. 2020.
- JAVERIA, S.; MASUD, T.; SAMMI, S.; TARIQ, S.; SOHAIL, A.; BUTT, S. J.; ABBASI, K. S.; ALI, S. Comparative Study for the Extraction of B-carotene in Different Vegetables. **Pakistan Journal of Nutrition**, Faisalabad, v. 12, n. 11, p. 983-989, 2013. Disponível em <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjn/2013/983-989.pdf>. Acesso em 11 set. 2020.
- MARKETWATCH. **Carotenoids Market Global Industry Analysis, Growth Opportunities, Detailed Analysis And Forecast to 2026**. 2020. Disponível em <https://www.marketwatch.com/press-release/carotenoids-market-global-industry-analysis-growth-opportunities-detailed-analysis-and-forecast-to-2026-2020-07-06?tesla=y>. Acesso em 9 set. 2020.
- MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT). **The Observatory of Economic Complexity**. 2020. Disponível em <https://oec.world/>. Acesso em 10 set. 2020.
- MENDOZA, H.; DE LA JARA, A.; FREIJANES, K.; CARMONA, L.; RAMOS, A. A.; DUARTE, V. de S.; VARELA, J. C. S. Characterization of *Dunaliella salina* strains by flow cytometry: a new approach to select carotenoid hyperproducing strains. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2008. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/27793952_Characterization_of_Dunaliella_salina_strains_by_flow_cytometry_A_new_approach_to_select_carotenoid_hyperproducing_strains. Acesso em 7 set. 2020.
- MESQUITA, S. da S. **Avaliação de estratégias para a indução da produção de β -caroteno por *Dunaliella bardawil***. 2013. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em <http://186.202.79.107/download/producao-de-beta-caroteno-por-dunaliella-bardawil.pdf>. Acesso em 11 set. 2020.
- MESQUITA, S. da S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017. Disponível em <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170040>. Acesso em 7 set. 2020.
- MORDOR INTELLIGENCE. **Beta carotene market – growth, trends and forecast (2020-2025)**. 2019. Disponível em <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/beta-carotene-market>. Acesso em 9 set. 2020.
- NOVOVESKÁ, L.; ROSS, M. E.; STANLEY, M. S. et al. Microalgal Carotenoids: A Review Of Production, Current Markets, Regulations, and Future Direction. **Marine Drugs**, Basel, v. 17, n. 540, p. 1-21, 2019. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6891288>. Acesso em 7 set. 2020.
- RAJA, R.; HEMAISWARYA, S.; RENGASAMY, R. Exploitation of *Dunaliella* for β -carotene production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Cham, v. 74, n. 3, p. 517-23, 2007. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00253-006-0777-8>. Acesso em 7 set. 2020.
- RAMMUNI, M. N.; ARIYADASA, T. U.; NIMARSHANA, P. H. V.; ATTALAGE, R. A. Comparative assessment on the extraction of carotenoids from microalgal sources: Astaxanthin from *H. pluvialis* and β -carotene from *D. salina*. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 277, p. 128-134, 2019. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618318417>. Acesso em 7 set. 2020.

SOUTO, A. R.; ANGELO, E. A.; GATTI, I. C. de A. Sistemas potenciais de cultivo de microalgas. In: ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A. (Editores). **Microalgas de águas continentais – volume 1: potencialidades e desafios do cultivo**. Londrina: IAPAR, 2014. p. 175-211. Disponível em http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/MicroalgasV1.pdf. Acesso em 14 set. 2020.

TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. **Beta-Carotene Market**. 2018. Disponível em: <https://www.transparencymarketresearch.com/beta-carotene-market.html>

UENOJO, M; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.3, p. 616-622, May/June 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n3/21.pdf>. Acesso em 9 jul. 2018.

VARELA, J. C.; PEREIRA, H.; VILA, M.; LEÓN, R. Production of carotenoids by microalgae: achievements and challenges. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 25, p. 423–436, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11120-015-0149-2>. Acesso em 5 set. 2020.

ZARDO, I. **Análise de viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de microalgas**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38387/000823849.pdf?sequence=1>. Acesso em 8 set. 2020.